



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2019 Patentblatt 2019/11

(51) Int Cl.:
G02B 7/182 (2006.01) **G02B 17/00** (2006.01)
G02B 21/00 (2006.01) **H01S 3/00** (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18192160.2**

(22) Anmeldetag: **03.09.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Leimbach, Volker**
68549 Ilvesheim (DE)
• **Dr. Kremer, Manuel**
69181 Leimen (DE)

(74) Vertreter: **Schaumburg und Partner**
Patentanwälte mbB
Postfach 86 07 48
81634 München (DE)

(30) Priorität: **04.09.2017 DE 102017120317**

(71) Anmelder: **Leica Microsystems CMS GmbH**
35578 Wetzlar (DE)

(54) **OPTISCHE ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR BEEINFLUSSUNG EINER DISPERSION VON WELLENLÄNGEN MINDESTENS EINES LICHTPULSES ODER LICHTSTRAHLS**

(57) Die Erfindung betrifft eine optische Anordnung, insbesondere Mikroskop, mit einer Lichtquelle zur Erzeugung eines mindestens einen Lichtpuls aufweisenden Lichtstrahls (1, 12) und mehreren in einem Strahlengang des Lichtstrahls angeordneten gekippten Spiegeln (3-6, 18, 19) zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls (1, 12), wobei die mehreren gekippten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls (1, 12) angeordnet sind und mindestens einer der gekippten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zu dem Lichtstrahl (1, 12) kontinuierlich bewegbar ist, dass durch ein

Bewegen des mindestens einen gekippten Spiegels (3-6, 18, 19) der Einfallswinkel des Lichtstrahls (1, 12) auf den jeweiligen gekippten Spiegel (3-6, 18, 19) zur Veränderung der Dispersion einstellbar ist und dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls (1, 12) - nach einem Durchlaufen der Anordnung der gekippten Spiegel (3-6, 18, 19) - durch ein Bewegen des mindestens einen gekippten Spiegels (3-6, 18, 19) nicht verändert wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen mindestens eines Lichtpulses oder Lichtstrahls (1, 12), insbesondere unter Verwendung einer wie oben beschriebenen optischen Anordnung.

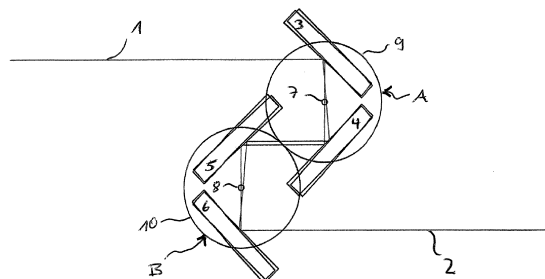


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Anordnung, insbesondere Mikroskop, mit einer Lichtquelle zur Erzeugung eines mindestens einen Lichtpuls aufweisenden Lichtstrahls und mehreren in einem Strahlengang des Lichtstrahls angeordneten gechirpten Spiegeln zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls.

[0002] Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen mindestens eines Lichtpulses oder Lichtstrahls, insbesondere unter Verwendung einer wie oben beschriebenen optischen Anordnung, vorzugsweise eines Mikroskops, wobei ein mit einer Lichtquelle erzeugter und mindestens einen Lichtpuls aufweisender Lichtstrahl durch mehrere in einem Strahlengang des Lichtstrahls angeordnete gechirpte Spiegel bezüglich der Dispersion seiner Wellenlängen beeinflusst wird.

[0003] Kurze Lichtpulse werden bspw. durch sogenannte Kurzpuls-Laser erzeugt, die in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden, bspw. in spektroskopischen und materialverarbeitenden Verfahren. Angetrieben durch diese Verfahren werden in der Praxis Laser mit immer höherer Ausgangsleistung und kürzeren Pulsen benötigt.

[0004] Die spektrale Bandbreite eines Lichtpulses steht in Zusammenhang mit der Pulsdauer. Bspw. beträgt die Bandbreite (FWHM) eines Gauss-Pulses mit einer Pulsdauer von 100 fs bei 800 nm 11 nm. Bei kürzeren Pulsen wird das Wellenlängenspektrum merkbar breiter. Ein 10 fs-Puls weist eine Bandbreite von 107 nm auf.

[0005] Wenn solch ein breiter Puls durch ein optisches Medium hindurchtritt, schreiten die spektralen Komponenten dieses Pulses mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten voran. Übliche dispersive Medien, bspw. Glas, üben einen sogenannten "positiven Chirp" auf den Puls aus, was bedeutet, dass die Komponenten mit kurzen Wellenlängen - blau - bezüglich der Komponenten mit langen Wellenlängen - rot - verzögert werden. Eine ähnliche Verbreiterung kann in vielen Fällen beobachtet werden, auch falls beispielsweise ein Puls durch einen dielektrischen Spiegel reflektiert wird. In dem Sub-100-fs-Bereich ist es wesentlich, die Phaseneigenschaften jeder optischen Komponente über die extrem weite Bandbreite des Femtosekundenlasers zu kontrollieren. Eine mathematische Analyse der Phasenverschiebung, die auf einen Puls ausgeübt wird, der durch ein Medium hindurchtritt oder durch einen Spiegel reflektiert wird, zeigt, dass die wesentlichen physikalischen Eigenschaften, die dieses Phänomen beschreiben, die Gruppenverzögerungsdispersion (GDD) und die Dispersion dritter Ordnung (TOD) sind.

[0006] Speziell gestaltete dielektrische oder "gechirpte" Spiegel bieten die Möglichkeit, einen "negativen Chirp" auf einen Puls auszuüben. Daher kann der positive Chirp kompensiert werden, der beispielsweise von

Kristallen, Fenstern und der propagierten Luftstrecke usw. resultiert.

[0007] Das GDD-Spektrum eines dielektrischen Spiegels mit negativer Dispersion weist keine kontinuierliche flache Kurve auf. Sämtliche Typen von Spiegeln mit negativer Dispersion zeigen Oszillationen in dem GDD-Spektrum. Diese Oszillationen sind bei üblichen Bandbreiten gering. Jedoch zeigen Spiegel mit negativer Dispersion im Breitbandbereich starke GDD-Oszillationen. Ein beträchtliches Abflachen dieser Oszillationen kann durch Verwendung von Spiegelpaaren erreicht werden, die aus Spiegeln mit geringfügig verschobenen GDD-Oszillationen bestehen. Diese Spiegelpaare sind speziell für dieses Kompensationsverhalten konstruiert.

[0008] Bspw. benötigt ein Multiphoton-Mikroskop ultrakurze Laserpulse oder Lichtpulse in der Probe. Die im Laser erzeugten Lichtpulse werden aber durch die unterschiedlichen Gläser bspw. der Abbildungsoptiken und durch akustooptische Komponenten, bspw. AOM (akustooptischer Modulator) oder AOD (akustooptischer Deflektor) gechirpt, d.h. zeitlich in die Länge gezogen. Die Kompensation durch Prechirp-Einheiten, die bspw. in den Laser integriert sind, reichen üblicherweise nicht aus, um die Pulse in der Mikroskop-Probe wieder auf eine möglichst minimale Länge zu formen.

[0009] Bekannte flexible Prismen- und Gitterkompensatoren, wie sie bspw. in Prechirp-Lasern verbaut sein können, benötigen viel Platz und sind teuer, erreichen aber trotzdem keinen ausreichenden Prechirp. Des Weiteren sind bisherige gechirpte Spiegel unflexibel, wobei sie noch weniger Prechirp erreichen oder eine extrem hohe Anzahl an Reflexionen benötigen, um einen erforderlichen Prechirp zu erreichen. An dieser Stelle darf festgehalten werden, dass im Rahmen dieses Dokuments die Begriffe "dielektrischer Spiegel" und "gechirpter Spiegel" synonym verwendet werden.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine optische Anordnung und ein Verfahren zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen mindestens eines Lichtpulses oder Lichtstrahls derart auszugestalten und weiterzubilden, dass nach Durchlaufen der oder einer optischen Anordnung eine möglichst geringe Lichtpulsbreite auf flexible Weise und mit konstruktiv einfachen Mitteln erreichbar ist.

[0011] Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe durch eine optische Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0012] Danach ist gemäß Anspruch 1 eine optische Anordnung angegeben, wobei die mehreren gechirpten Spiegel derart relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls angeordnet sind und mindestens einer der gechirpten Spiegel derart relativ zu dem Lichtstrahl kontinuierlich bewegbar ist, dass durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels der Einfallswinkel des Lichtstrahls auf den jeweiligen gechirpten Spiegel zur Veränderung der Dispersion einstellbar ist und dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls -

nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel - durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels nicht verändert wird.

[0013] Des Weiteren ist gemäß Anspruch 10 ein Verfahren angegeben, wobei die mehreren gechirpten Spiegel derart relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls angeordnet werden und mindestens einer der gechirpten Spiegel derart relativ zu dem Lichtstrahl kontinuierlich bewegt wird, dass durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels der Einfallswinkel des Lichtstrahls auf den jeweiligen gechirpten Spiegel zur Veränderung der Dispersion eingestellt wird und dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls - nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel - durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels nicht verändert wird.

[0014] In erfindungsgemäßer Weise ist erkannt worden, dass durch geschickte Anordnung der gechirpten Spiegel relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls und darüber hinaus eine kontinuierliche Bewegbarkeit mindestens eines der gechirpten Spiegel relativ zu dem Lichtstrahl die voranstehende Aufgabe auf überraschend einfache Weise gelöst wird. Dabei ist die Anordnung und Bewegbarkeit der Spiegel derart gewählt, dass durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels der Einfallswinkel des Lichtstrahls auf den jeweiligen gechirpten Spiegel zur Veränderung der Dispersion einstellbar ist und darüber hinaus eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls - nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel - durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels nicht verändert wird. Dabei ist wesentlich, dass durch die kontinuierliche Bewegbarkeit des mindestens einen Spiegels die Dispersion mindestens eines Lichtpulses einstellbar ist, dass jedoch die Position und Strahlrichtung des Lichtstrahls durch diese Einstellbewegung nicht verändert wird. Bei der erfindungsgemäßen optischen Anordnung wird somit lediglich die Dispersion durch kontinuierliches Bewegen des mindestens einen Spiegels eingestellt, ohne dass Position und Strahlrichtung des Lichtstrahls - nach dem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel - beeinflusst werden. Insofern kann die Spiegelanordnung auf einfache Weise auch in bereits bestehende Anordnungen integriert werden, ohne dass weitergehende Repositionierungen des Lichtstrahls aufgrund des Integrierens der Spiegelanordnung erforderlich werden. Durch das kontinuierliche Bewegen des mindestens einen Spiegels kann ein zusätzlicher Chirp erzeugt werden, der einen bestehenden Chirp - je nach Erfordernis - vergrößern oder verkleinern kann. Dieser zusätzliche Chirp kann zusätzlich zu den bereits in Prechirp-Lasern bereitgestellten Maßnahmen hinzugefügt werden. Hierdurch kommt man dem Ziel eines möglichst gleichzeitigen Ankommens aller Wellenlängen nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel sehr nahe.

[0015] Folglich sind mit der erfindungsgemäßen optischen Anordnung und dem erfindungsgemäßen Verfah-

ren eine optische Anordnung und ein Verfahren angegeben, mit denen nach Durchlaufen der oder einer optischen Anordnung eine möglichst geringe Lichtpulsbreite auf flexible Weise und mit konstruktiv einfachen Mitteln erreichbar ist.

[0016] In konstruktiv besonders einfacher Weise können zwei Spiegel zur Bildung einer Baugruppe in einem vorgebbaren Winkel zueinander fest miteinander gekoppelt sein und können weiterhin zwei derartige Baugruppen jeweils um parallel zueinander angeordnete Drehachsen relativ zueinander drehbar sein, wobei die Baugruppen derart miteinander gekoppelt sein können, dass ein Drehen einer Baugruppe um deren Drehachse in einer Drehrichtung ein gegenläufiges Drehen der anderen Baugruppe um deren Drehachse in der entgegengesetzten Drehrichtung zur Folge hat. Diese vier Spiegel umfassende Anordnung ist nicht nur konstruktiv sehr einfach, sondern gewährleistet auch eine besonders sichere Einstellbarkeit des Einfallswinkels des Lichtstrahls auf den jeweiligen Spiegel zur Veränderung der Dispersion. Die Bewegung eines Spiegels hat dabei aufgrund der vorteilhaften Kopplung der Baugruppen und damit der Spiegel untereinander ein entsprechendes Bewegen der anderen Spiegel zur Folge. Hierdurch ist nicht nur die Dispersion auf einfache Weise veränderbar, sondern auch besonders sicher gewährleistet, dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls - nach einem Durchlaufen der Anordnung der Spiegel - durch das Bewegen der Spiegel nicht verändert wird. Insofern bietet sich eine derartige Anordnung auch für eine nachträgliche Integration in bestehende Anordnungen, bspw. Mikroskope, an, wobei ein Strahlengang in der bestehenden Anordnung durch Integration der optischen Anordnung und deren Verwendung nicht verändert wird.

[0017] Im Hinblick auf eine besonders sichere Kopplung der beiden Baugruppen können die Baugruppen jeweils ein Zahnrad aufweisen, das mit einem Zahnrad der jeweils anderen Baugruppe zur Kopplung der Baugruppen kämmt. Durch die Zahnradkopplung ist quasi eine einfache "Zwangskopplung" der beiden Baugruppen miteinander realisiert, wodurch mit Sicherheit gewährleistet ist, dass ein Bewegen eines Spiegels "automatisch" zur vorgegebenen und geeigneten Bewegung der anderen Spiegel führt. Ganz allgemein kann die eine Baugruppe ein erstes Kopplungselement aufweisen, das mit einem zweiten Kopplungselement der anderen Baugruppe zur Kopplung der Baugruppen in Eingriff steht. Bevorzugt werden solche Kopplungselemente bzw. Mittel zur Kopplung eingesetzt, die eine möglichst genaue und schlupffreie Kopplung der Bewegung der beiden Baugruppen gewährleistet.

[0018] Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel können die zwei Spiegel einer Baugruppe in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet sein. Dies gewährleistet eine sichere Strahlführung durch die optische Anordnung und die beiden Baugruppen hindurch.

[0019] Im Hinblick auf eine besonders flexible und sichere Bewegung der Spiegel und damit Einstellbarkeit

des Einfallswinkels des Lichtstrahls und damit weiter der Dispersion von Wellenlängen kann mindestens einer Baugruppe ein vorzugsweise elektrischer Antrieb zur Drehung der Baugruppe zugeordnet sein. Ein derartiger elektrischer Antrieb kann mit einer geeigneten elektronischen Steuerung, bspw. eine Recheneinheit, gekoppelt sein, um einen besonders sicheren Betrieb der optischen Anordnung zu gewährleisten.

[0020] Durch das Bewegen des mindestens eines gechirpten Spiegels kann eine Gruppenverzögerungsdispersion, GDD, je nach Erfordernis, einstellbar sein. Des Weiteren können Rippel eines GDD-Spektrums verschiebbar sein, um letztendlich eine möglichst schmale spektrale Bandbreite eines Lichtpulses im Lichtstrahl zu erreichen. Eine Veränderung der Position des Ausgangsstrahls oder des Winkels des Ausgangsstrahls tritt hierbei nicht auf.

[0021] In weiter vorteilhafter Weise können durch Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels Rippel der Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls reduziert werden. Weiterhin kann durch das Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels eine Anpassung der Rippel erfolgen, um bei der Wellenlänge oder den Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls ein vorgebbares Maß an Prechirp oder Chirp zu erreichen. Hierdurch können einerseits kürzere Pulse in einer Probe und dadurch bspw. eine effektivere Mehrphotonenanregung und andererseits längere Pulse in einer Probe und damit eine bessere Selektivität beispielsweise bei CARS Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy, Messungen erreicht werden. Unter Rippel ist insbesondere die Schwankung der Gruppenverzögerungsdispersion GDD in Abhängigkeit der Wellenlänge - also Schwankungen des GDD-Spektrums - zu verstehen, wie sie beispielsweise in den Fig. 4 oder 5 gezeigt sind.

[0022] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können mehrere Spiegel als Prechirp-Spiegel die beiden Spiegel einer Umschalteneinrichtung einer optischen Anordnung mit einem Volumengitter zur Beeinflussung der Strahlrichtung mindestens eines Lichtstrahls bilden. Bei einer derartigen optischen Anordnung ist in einem Strahlengang vor dem Volumengitter eine Umschalteneinrichtung zum Umschalten der Strahlrichtung und/oder Strahlage mindestens eines Lichtstrahls von einer ersten Strahlrichtung und/oder Strahlage, in der der mindestens eine Lichtstrahl nicht unter einem Akzeptanzwinkel des Volumengitters auf das Volumengitter trifft, zu einer zweiten Strahlrichtung und/oder Strahlage, in der der mindestens eine Lichtstrahl unter dem Akzeptanzwinkel auf das Volumengitter trifft, und/oder umgekehrt angeordnet. Hierdurch kann ein zusätzlicher Chirp reduziert werden, den das Volumengitter insgesamt einbringt.

[0023] Dabei kann das Volumengitter ein akustooptischer Deflektor, AOD, akustooptischer Modulator, AOM, Acousto-Optical Tunable Filter, AOTF, oder ein nicht akustooptisches Element sein. In diesem Fall kann auch

eine Kompensation nur des Chirps erfolgen, den die Akustooptik im AOD, AOM oder AOTF zusätzlich zur Materialdispersion einbringt.

[0024] Bspw. bei einer Anordnung mit vier gechirpten Spiegeln können durch Ändern des Eintrittswinkels des Lichtstrahls oder des Lichtpulses die Rippel des GDD-Spektrums verschoben werden, ohne die Position des Ausgangsstrahls zu ändern und ohne den Winkel des Ausgangsstrahls zu ändern. Eine Anwendung besteht hierbei in der Reduktion der Rippel für den jeweils verwendeten Wellenlängenbereich. Bei einer anderen Anwendung kann der Rippel angepasst werden, um adaptiv bei der jeweils verwendeten Wellenlänge ein jeweils benötigtes Maß an Prechirp - negative GDD - zu erreichen. Hieraus resultieren kürzere Pulse in einer Probe und dadurch eine effektivere Mehrphotonenanregung.

[0025] Bei einer weiteren Anwendung können die Rippel angepasst werden, um adaptiv bei der jeweils verwendeten Wellenlänge ein jeweils benötigtes Maß an Chirp - positive GDD - zu erreichen, wodurch sich längere Pulse in einer Probe und eine bessere Selektivität bei bspw. CARS ergeben.

[0026] Mit der erfindungsgemäßen optischen Anordnung ist letztlich eine Anordnung von dielektrischen Spiegeln zur besonders flexiblen Einstellung der Gruppenverzögerungsdispersion angegeben.

[0027] Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die nachgeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Spiegelanordnung einer erfindungsgemäßen optischen Anordnung,

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung die Spiegelanordnung aus Fig. 1 in einem weiter gedrehten Zustand,

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung die in Fig. 1 und 2 gezeigten Zustände übereinander,

Fig. 4 in einem Diagramm GDD-Spektren eines Spiegels für verschiedene Winkel,

Fig. 5 in einem Diagramm kombinierte GDD-Spektren von vier Spiegeln mit verschiedenen Winkelkombinationen,

Fig. 6 in einer schematischen Darstellung eine weitere optische Anordnung gemäß einem zweiten

Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Fig. 7 in einer schematischen Darstellung die optische Anordnung aus Fig. 6, wobei ein Lichtstrahl in eine zweite Strahlrichtung umgeschaltet ist.

[0028] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Spiegelanordnung einer optischen Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, wobei ein einfallender Laserstrahl oder Lichtstrahl 1 durch eine Baugruppe A und eine Baugruppe B geleitet wird und die Baugruppen A und B als austretender Laserstrahl oder Lichtstrahl 2 wieder verlässt.

[0029] Die Baugruppe A weist zwei Spiegel 3 und 4 und die Baugruppe B zwei Spiegel 5 und 6 auf. Die Baugruppe A ist um eine Drehachse 7 und die Baugruppe B um eine Drehachse 8 drehbar. Die Baugruppe A weist ein Zahnrad 9 und die Baugruppe B ein Zahnrad 10 auf, die zur Kopplung der Baugruppen A und B miteinander kämmen.

[0030] Die Spiegel 3 und 4 und die Spiegel 5 und 6 sind jeweils in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet. Die Spiegel 3 bis 6 stehen vertikal auf den Zahnradern 9 bzw. 10. Ein Drehen einer Baugruppe A oder B um deren Drehachse 7 oder 8 in einer Drehrichtung hat ein gegenläufiges Drehen der anderen Baugruppe B oder A um deren Drehachse 8 oder 7 in der entgegengesetzten Drehrichtung zur Folge.

[0031] Der einfallende Laserstrahl 1 erfährt in dem hier gezeigten Drehzustand nacheinander vier Reflexionen an jeweils den Spiegeln 3 bis 6 unter einem Eintrittswinkel von 45° zwischen dem Laserstrahl 1 und den jeweiligen Flächennormalen der Spiegel 3 bis 6. Dabei wird der Lichtstrahl 1 zweimal im Uhrzeigersinn um jeweils 90° und zweimal im entgegengesetzten Uhrzeigersinn um jeweils 90° umgelenkt. Die reflektierende Oberfläche des Spiegels 3 hat einen festen Winkel von 90° zur reflektierenden Oberfläche des Spiegels 4. Genauso hat die reflektierende Oberfläche des Spiegels 5 einen festen Winkel von 90° zur reflektierenden Oberfläche des Spiegels 6. Die Spiegel 4 und 5 sind in dem hier gezeigten Drehzustand parallel und die Spiegel 3 und 6 senkrecht zueinander angeordnet. Die Spiegel 3 und 4 sowie das Zahnrad 9 sind fest miteinander verbunden. Genauso sind die Spiegel 5 und 6 und das Zahnrad 10 fest miteinander verbunden.

[0032] Fig. 2 zeigt die Spiegelanordnung aus Fig. 1 in einem geringfügig um die Drehachsen 7 und 8 gedrehten Zustand, wobei die Baugruppe A im entgegengesetzten Uhrzeigersinn und die Baugruppe B im Uhrzeigersinn aufgrund der Kopplung der Zahnräder 9 und 10 um den gleichen Winkelbetrag verdreht sind. In dieser in Fig. 2 gezeigten Situation trifft der einfallende Laserstrahl 1 unter einem Eintrittswinkel von 50° zwischen Laserstrahl und der Flächennormalen des Spiegels 3 auf den Spiegel 3.

[0033] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung

die Drehzustände aus den Fig. 1 und 2 in einer übereinander gelegten Darstellung, so dass die Auswirkung des Drehens der Baugruppen A und B besser erkannt werden kann.

[0034] Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist besonders bedeutsam, dass durch das Verdrehen der Baugruppen A und B keine Veränderung der Position oder der Strahlrichtung des austretenden Lichtstrahls 2 bewirkt wird. Sowohl Position als auch Strahlrichtung des austretenden Lichtstrahls 2 bleiben unverändert. Lediglich der Einfallswinkel des Lichtstrahls 1 auf die jeweiligen gekippten Spiegel 3 bis 6 wird zur Veränderung der Dispersion eingestellt. Die Drehbewegung der Baugruppen A und B um die Achsen 7 und 8 erfolgt kontinuierlich, wobei die Drehbewegungen der Baugruppen A und B über die Zahnräder 9 und 10 zwangsgekoppelt sind.

[0035] Durch das Bewegen der Spiegel 3 bis 6 kann eine GDD eingestellt oder können Rippel eines GDD-Spektrums verschoben werden. Ein Prechirp oder Chirp kann erzeugt werden.

[0036] Die Fig. 4 und 5 zeigen jeweils in einem Diagramm GDD-Spektren eines Spiegels für verschiedene Winkel - Fig. 4 - und kombinierte GDD-Spektren von vier Spiegeln mit verschiedenen Winkelkombinationen - Fig. 5. Dabei ist die Wellenlänge λ gegen die Gruppenverzögerungsdispersion GDD aufgetragen.

[0037] Die Fig. 6 und 7 zeigen in schematischen Darstellungen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optischen Anordnung im Rahmen eines speziellen beispielhaften Anwendungsfalls, wobei es sich hier um einen Einsatz der gekippten Spiegel als Prechirp-Spiegel 18 und 19 im Rahmen einer Strahl-Umschalteneinrichtung 14 handelt.

[0038] Die optische Anordnung weist ein als AOD ausgebildetes Volumengitter 11 zur Beeinflussung der Strahlrichtung von zwei Lichtstrahlen 12, 13 auf. Dabei sind die Lichtstrahlen 12 und 13 durch das Volumengitter 11 geführt. Im Hinblick auf ein flexibles Wechseln zwischen verschiedenen Beugungsordnungen eines durch das Volumengitter 11 geführten Lichtstrahls 12 ist in einem Strahlengang vor dem Volumengitter 11 eine Umschaltrichtung 14 zum Umschalten der Strahlrichtung des Lichtstrahls 12 von einer ersten Strahlrichtung, in der der Lichtstrahl 12 nicht unter einem Akzeptanzwinkel des Volumengitters 11 auf das Volumengitter 11 trifft, zu einer zweiten Strahlrichtung, in der der Lichtstrahl 12 unter dem Akzeptanzwinkel auf das Volumengitter 11 trifft, und umgekehrt angeordnet. Es kann also beliebig zwischen den beiden Strahlrichtungen hin- und hergeschaltet werden, um unterschiedlichen Anwendungsfällen gerecht zu werden.

[0039] Die Umschalteneinrichtung 14 oder das Umschalten der Strahlrichtung des Lichtstrahls 12 ist durch eine Justiereinheit 15 aktivierbar, die zur Vorgabe und Einstellung der ersten Strahlrichtung des Lichtstrahls 12 vorgesehen ist. Die Justiereinheit 15 weist einen Spiegel 16 auf, mit dem die Strahlrichtung des Lichtstrahls 12 justiert werden kann. In entsprechender Weise ist ein Spiegel

17 zur Justierung der Strahlrichtung des Lichtstrahls 13 vorgesehen.

[0040] Die Umschalteneinrichtung 14 weist die zwei geschlittenen Spiegel 18, 19 auf, die den Lichtstrahl 12 nach einem Schwenken des Lichtstrahls 12 aus seiner ersten Strahlrichtung gemäß Fig. 6 mittels des Spiegels 16 auf den Spiegel 18 nach einer weiteren Reflexion am Spiegel 19 in seine zweite Strahlrichtung lenken, in der der Lichtstrahl 12 unter dem Akzeptanzwinkel auf das Volumengitter 11 trifft. Dieser zweite Betriebszustand ist in Fig. 7 gezeigt.

[0041] Während des Umschaltens verbleibt der Lichtstrahl 13 in seiner ursprünglichen Richtung, wobei der Lichtstrahl 13 von einem ersten Laser erzeugt wird und mittels des Spiegels 17 auf einen Strahlvereiniger 20 gelenkt und dann unter einem Winkel α_1 zu einer optischen Achse 21 auf das Volumengitter 11 trifft. Dieser Winkel α_1 bleibt während der Umschaltung mittels der Umschalteneinrichtung 14 unverändert.

[0042] Der von einem zweiten Laser erzeugte Lichtstrahl 12 trifft im ersten Betriebszustand, in dem der Lichtstrahl 12 nicht unter dem Akzeptanzwinkel auf das Volumengitter 11 trifft, mit einem Winkel α_2 zur optischen Achse 21 auf das Volumengitter 11. Im in Fig. 7 dargestellten zweiten Betriebszustand trifft der Lichtstrahl 12 nach dem Umschaltvorgang unter einem Winkel β_2 zur optischen Achse 21 auf das Volumengitter 11. Dieser Winkel β_2 kann beispielsweise vier bis fünf Grad betragen.

[0043] Das als AOD ausgebildete Volumengitter 11 bewirkt gemäß Fig. 7 eine Beugung des Lichtstrahls 12 entsprechend der aufgeprägten Frequenzen $f_1, f_2, \dots, f_n$. Dabei zeigen eine gepunktete Pfeillinie die 0-te Beugungsordnung und die durchgezogenen Pfeillinien Beugungen erster Ordnung entsprechend den jeweils unterschiedlichen Frequenzen, mit denen das Volumengitter 11 beaufschlagt wird. Der ungebeugte Lichtstrahl 13 verläuft nach dem Durchgang durch das Volumengitter 11 parallel zur optischen Achse 21.

[0044] Zwischen dem Spiegel 19 und dem Volumengitter 11 könnte noch eine Einrichtung zur Veränderung der Polarisation eines Lichtstrahls, beispielsweise eine $\lambda/2$ -Platte angeordnet sein, um die Polarisation des Lichtstrahls 12 vor seinem Eintritt in das Volumengitter 11 zu verändern.

[0045] Bei dem in den Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden mehrere Laserstrahlengänge durch einen Strahlvereiniger 20 zusammengeführt. Die Zusammenführung kann durch dichroitische oder polarisierende Strahlteiler erfolgen.

[0046] Bei dem in den Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsbeispiel werden zwei Lichtstrahlen 12 und 13 mit Wellenlängen λ_1 und λ_2 durch einen als dichroitischen Strahlteiler ausgebildeten Strahlvereiniger 20 zusammengeführt.

[0047] Im gemeinsamen Strahlengang befindet sich ein als AOD ausgebildetes Volumengitter 11. Der AOD weist einen Akzeptanzwinkel auf, der möglicherweise

wellenlängenabhängig ist. Wenn Licht im Akzeptanzwinkel auf den AOD trifft, beugt er das Licht in eine oder mehrere erste Beugungsordnungen, entsprechend der aufgeprägten akustischen Frequenzen $f_1, f_2, \dots, f_n$.

[0048] Ein grundsätzliches Ziel der optischen Anordnung besteht darin, dass der gemeinsame Strahlengang nach dem AOD entlang der optischen Achse 21 verläuft. Dazu werden Justiereinheiten 15 benutzt, die in den getrennten Strahlengängen stehen. Diese Justierung wird zunächst so vorgenommen, dass die Strahlenbündel nicht im Akzeptanzwinkel auf den AOD treffen und diesen ungebeugt passieren.

[0049] In Fig. 6 werden die Spiegel 16 und 17 so justiert, dass die Lichtstrahlen 12 und 13 die Winkel α_1 und α_2 zur optischen Achse 21 aufweisen, wenn sie den AOD treffen, so dass die transmittierten Lichtstrahlen 12 und 13 den AOD parallel auf der optischen Achse 21 verlassen. Die Justiereinheiten können auch bewegliche Linsen, bewegliche Faserausgänge oder ähnliches sein.

[0050] Soll nun der AOD benutzt werden, um den Winkel eines der Lichtstrahlen 12, 13 zu beeinflussen, so muss dieser Lichtstrahl 12, 13 oder dieses Strahlenbündel des Lichtstrahls 12, 13 den AOD unter dem Akzeptanzwinkel, d.h. üblicherweise in einem Akzeptanzwinkelbereich, treffen. Dazu wird eine der genannten Justiereinheiten 15 benutzt, und zwar diejenige, die sich in dem Strahlengang des gewünschten Lichtstrahls 12, 13 befindet.

[0051] Gemäß Fig. 7 wird der Spiegel 16 so justiert, dass das zugehörige Strahlenbündel oder der zugehörige Lichtstrahl 12 den AOD unter dem Akzeptanzwinkel trifft. Dabei weist der Lichtstrahl 12 den Winkel β_2 zur optischen Achse 21 auf. Jetzt kann das Strahlenbündel durch den AOD gebeugt werden, wenn diesem eine oder mehrere Frequenzen $f_1, f_2, \dots, f_n$ aufgeprägt werden. Der andere Lichtstrahl 13 wird von dem AOD weiterhin nicht gebeugt, da er nicht unter dem Akzeptanzwinkel auf den AOD trifft.

[0052] Zwischen dem Akzeptanzwinkel und dem Winkel, unter dem man den AOD treffen muss, damit das ungebeugte Licht entlang der optischen Achse 21 austritt, liegt eine vorgegebene Winkeldifferenz. Diese Winkeldifferenz führt beim Umschalten zu einem Strahlversatz im Strahlengang des jeweiligen Lasers, der umgeschaltet wird. Je nach Größe der Winkeldifferenz und den geometrischen Abständen kann dieser Strahlversatz so groß werden, dass der Strahlvereiniger 20 oder andere Elemente in den Strahlengängen mit sehr großen Durchmessern ausgelegt werden müssen. Dies kann erfindungsgemäß dadurch umgangen werden, dass im gemeinsamen Strahlengang eine Anordnung von Spiegeln 18 und 19 vorgesehen wird, die den Effekt der Verstellung durch die Justiereinheit 15 verstärken oder überlagern.

[0053] Gemäß Fig. 7 sind die beiden Spiegel 18 und 19 für diesen Zweck vorgesehen. Wird der Spiegel 16 so bewegt, dass das Licht vom zweiten Laser den Spiegel 18 trifft, nimmt das Licht einen anderen Weg als in Fig.

6 und trifft der Lichtstrahl 12 den AOD unter dem Akzeptanzwinkel.

[0054] Auf diese Weise kann jeder Strahlengang individuell umgeschaltet werden, ohne dass die Strahlengänge jeweils einen besonders großen Strahlversatz aufnehmen müssen. Außerdem muss zur Umschaltung nur ein Bauteil pro Strahlengang, hier der Spiegel 16, bewegt werden. Die optische Anordnung lässt sich bei geeigneter Ausbildung auch für mehr als zwei Laser oder Lichtquellen verwenden.

[0055] Mit den gechirpten Spiegeln 18 und 19 können die Rippel der GDD-Spektren der beiden Spiegel 18 und 19 gegeneinander verschoben werden. Mit einer Anwendung der Spiegel 18 und 19 kann der zusätzliche Chirp reduziert werden, den das Volumengitter 11 in Form des AOD insgesamt einbringt. Alternativ hierzu kann nur der Chirp kompensiert werden, den die Akustooptik im Volumengitter 11 in Form des AOD zusätzlich zur Materialdispersion einbringt. Im Ergebnis können dabei kürzere Pulse in einer Probe und dadurch eine effektivere Mehrphotonenanregung erreicht werden. Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen optischen Anordnung und des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Ansprüche verwiesen.

[0056] Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele lediglich zur Erörterung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Patentansprüche

1. Optische Anordnung, insbesondere Mikroskop, mit einer Lichtquelle zur Erzeugung eines mindestens einen Lichtpuls aufweisenden Lichtstrahls (1, 12) und mehreren in einem Strahlengang des Lichtstrahls angeordneten gechirpten Spiegeln (3-6, 18, 19) zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls (1, 12), wobei die mehreren gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls (1, 12) angeordnet sind und mindestens einer der gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zu dem Lichtstrahl (1, 12) kontinuierlich bewegbar ist, dass durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) der Einfallswinkel des Lichtstrahls (1, 12) auf den jeweiligen gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) zur Veränderung der Dispersion einstellbar ist und dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls (1, 12) - nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) - durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) nicht verändert wird.

2. Optische Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Spiegel (3-6) zur Bildung einer Baugruppe (A, B) in einem vorgebbaren Winkel zueinander fest miteinander gekoppelt sind und dass zwei derartige Baugruppen (A, B) jeweils um parallel zueinander angeordnete Drehachsen (7, 8) relativ zueinander drehbar sind, wobei die Baugruppen (A, B) derart miteinander gekoppelt sind, dass ein Drehen einer Baugruppe (A, B) um deren Drehachse (7, 8) in einer Drehrichtung ein gegenläufiges Drehen der anderen Baugruppe (B, A) um deren Drehachse (8, 7) in der entgegengesetzten Drehrichtung zur Folge hat.

3. Optische Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Baugruppen (A, B) jeweils ein Zahnrad (9, 10) aufweisen, das mit einem Zahnrad (10, 9) der jeweils anderen Baugruppe (B, A) zur Kopplung der Baugruppen (A, B) kämmt, oder dass zur Kopplung der beiden Baugruppen (A, B) die eine Baugruppe (A) ein erstes Kopplungselement aufweist, welches mit einem zweiten Kopplungselement der anderen Baugruppe (B) in Eingriff steht.

4. Optische Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei Spiegel (3-6) einer Baugruppe in einem Winkel von 90 Grad zueinander angeordnet sind.

5. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer Baugruppe (A, B) ein vorzugsweise elektrischer Antrieb zur Drehung der Baugruppe (A, B) zugeordnet ist.

6. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) eine Gruppenverzögerungsdispersion, GDD, einstellbar ist oder Rippel eines GDD-Spektrums verschiebbar sind.

7. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) Rippel der Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls (1, 12) reduziert werden oder dass durch das Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) eine Anpassung der Rippel erfolgt, um bei der Wellenlänge oder den Wellenlängen des mindestens einen Lichtpulses oder des Lichtstrahls (1, 12) ein vorgegbares Maß an Prechirp oder Chirp zu erreichen.

8. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren Spiegel (18, 19) als Prechirp-Spiegel die beiden Spiegel (18, 19) einer Umschalteneinrichtung (14) der

optischen Anordnung bilden, wobei die optische Anordnung ein Volumengitter (11) zur Beeinflussung der Strahlrichtung mindestens eines Lichtstrahls (12) aufweist und wobei in einem Strahlengang vor dem Volumengitter (11) die Umschalteneinrichtung (14) zum Umschalten der Strahlrichtung und/oder Strahllage mindestens eines Lichtstrahls (12) von einer ersten Strahlrichtung und/oder Strahllage, in der der mindestens eine Lichtstrahl (12) nicht unter einem Akzeptanzwinkel des Volumengitters (11) auf das Volumengitter (11) trifft, zu einer zweiten Strahlrichtung und/oder Strahllage, in der der mindestens eine Lichtstrahl (12) unter dem Akzeptanzwinkel auf das Volumengitter (11) trifft, und/oder umgekehrt angeordnet ist.

9. Optische Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumengitter (11) ein akustooptischer Deflektor, AOD, akustooptischer Modulator, AOM, Acousto-Optical Tunable Filter, AOTF, oder ein nicht akustooptisches Element ist.
10. Verfahren zur Beeinflussung einer Dispersion von Wellenlängen mindestens eines Lichtpulses oder Lichtstrahls (1, 12), insbesondere unter Verwendung einer optischen Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, vorzugsweise eines Mikroskops, wobei ein mit einer Lichtquelle erzeugter und mindestens einen Lichtpuls aufweisender Lichtstrahl (1, 12) durch mehrere in einem Strahlengang des Lichtstrahls (1, 12) angeordnete gechirpte Spiegel (3-6, 18, 19) bezüglich der Dispersion seiner Wellenlängen beeinflusst wird, und wobei die mehreren gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zueinander im Strahlengang des Lichtstrahls (1, 12) angeordnet werden und mindestens einer der gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) derart relativ zu dem Lichtstrahl (1, 12) kontinuierlich bewegbar ist, dass durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels (3-6, 18, 19) der Einfallswinkel des Lichtstrahls (1, 12) auf den jeweiligen gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) zur Veränderung der Dispersion eingestellt wird und dass eine Position und eine Strahlrichtung des Lichtstrahls (1, 12) - nach einem Durchlaufen der Anordnung der gechirpten Spiegel (3-6, 18, 19) - durch ein Bewegen des mindestens einen gechirpten Spiegels nicht verändert wird.

50

55

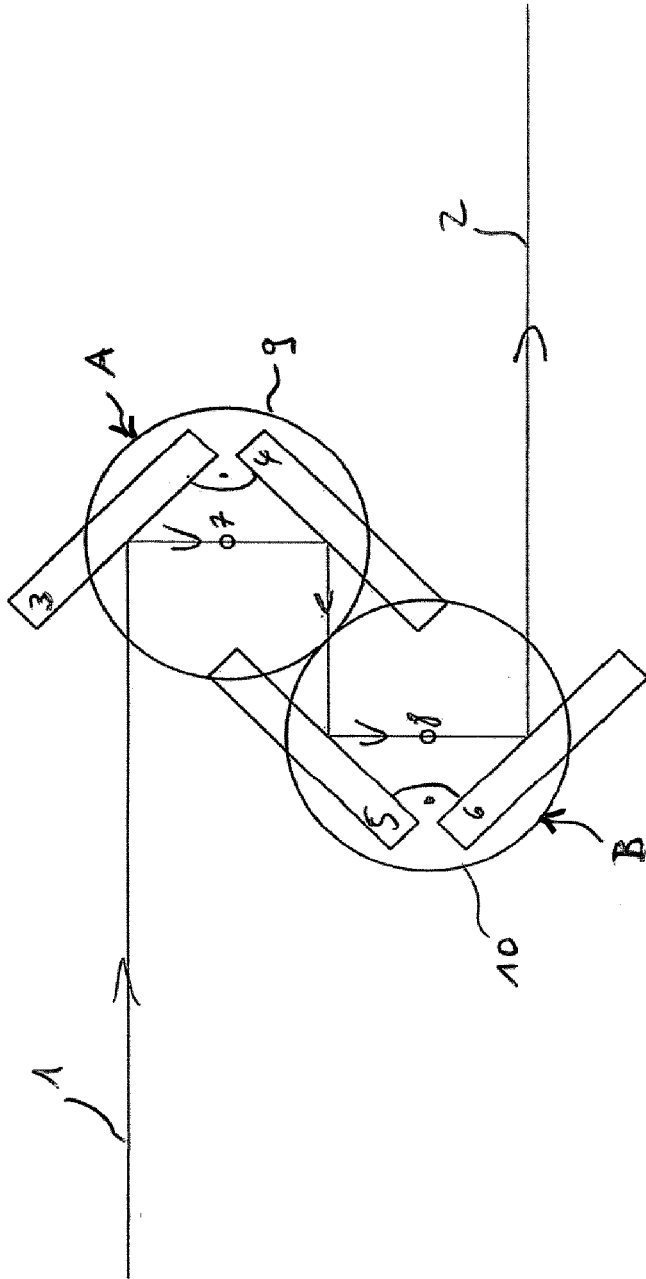


Fig. 1

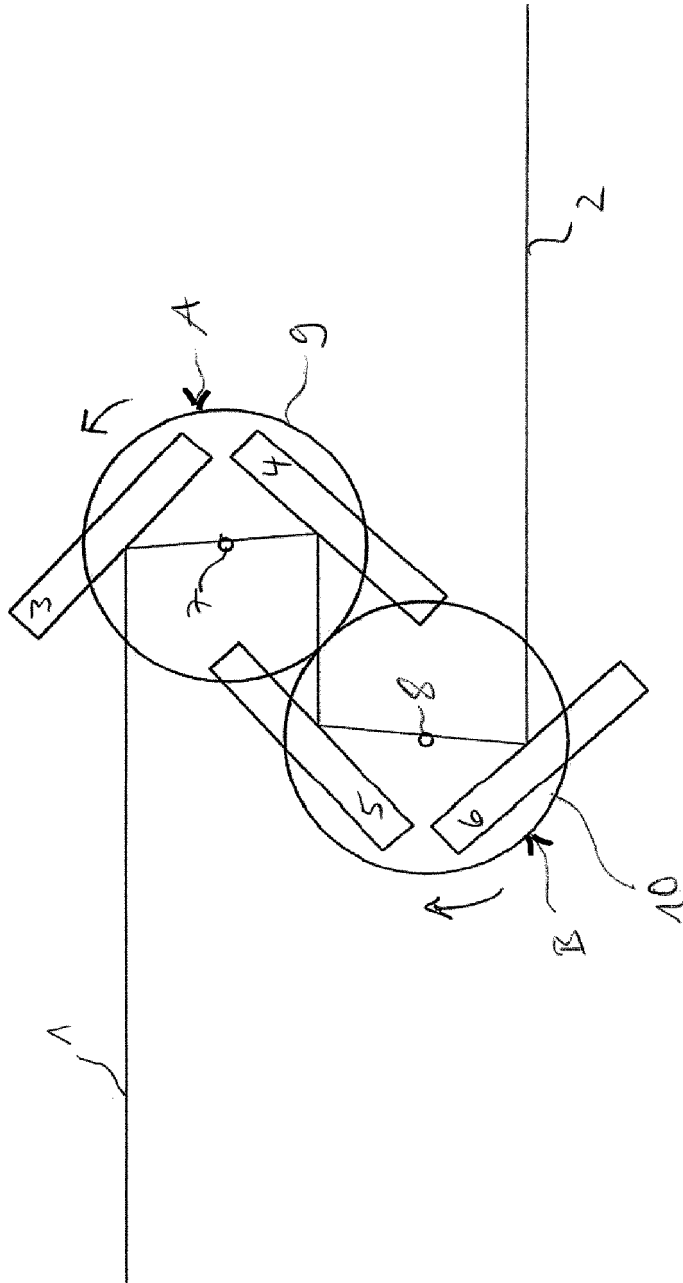
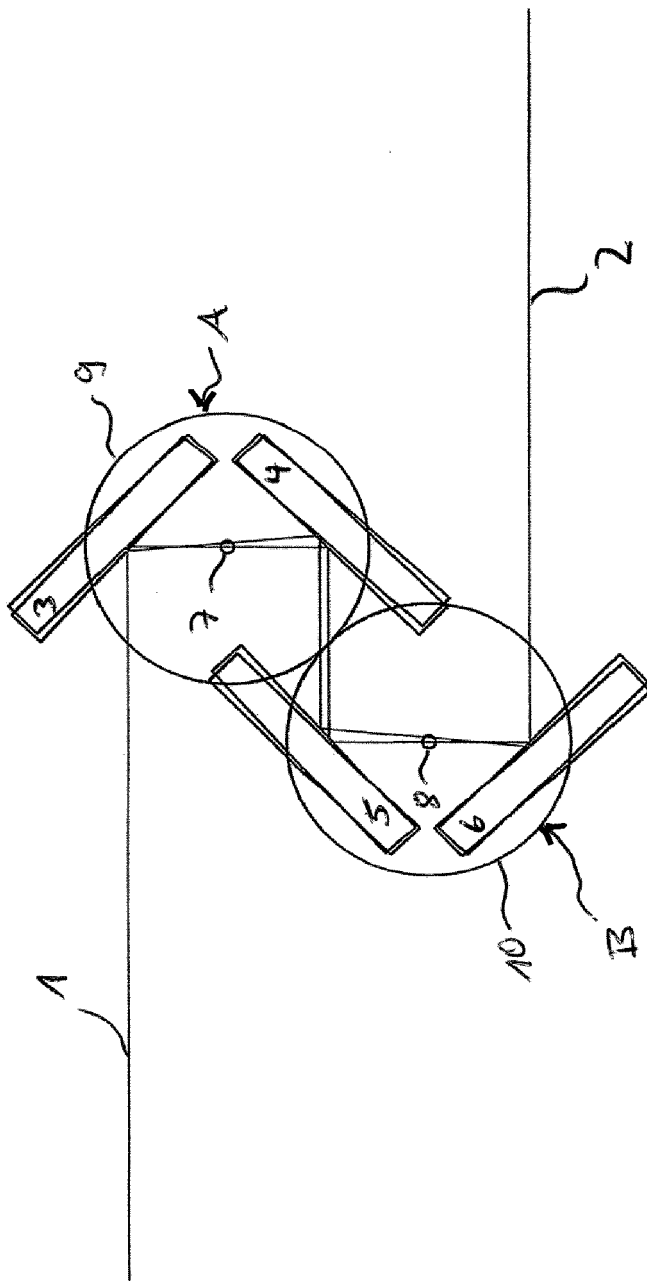


Fig. 2

**Fig. 3**

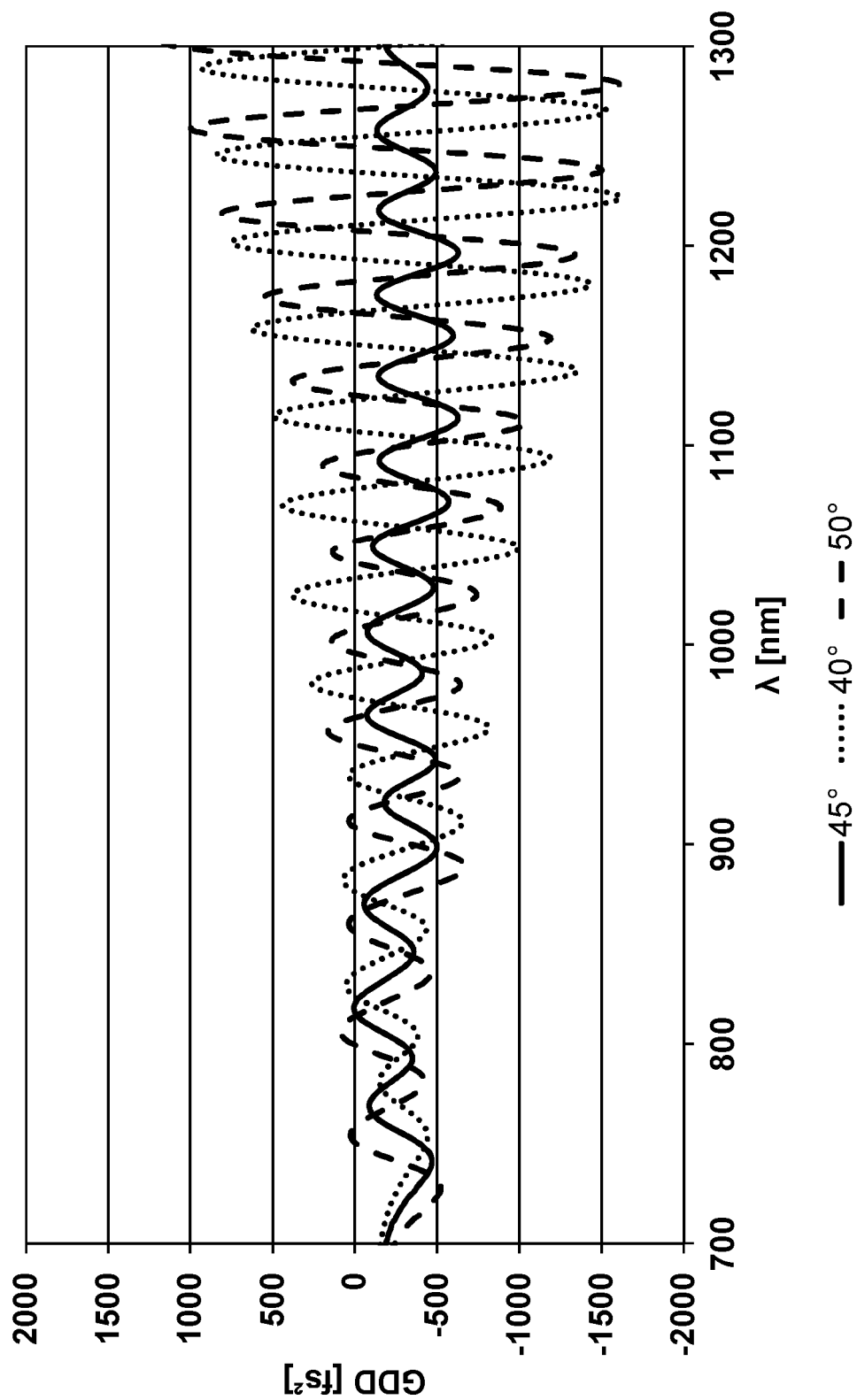


Fig. 4

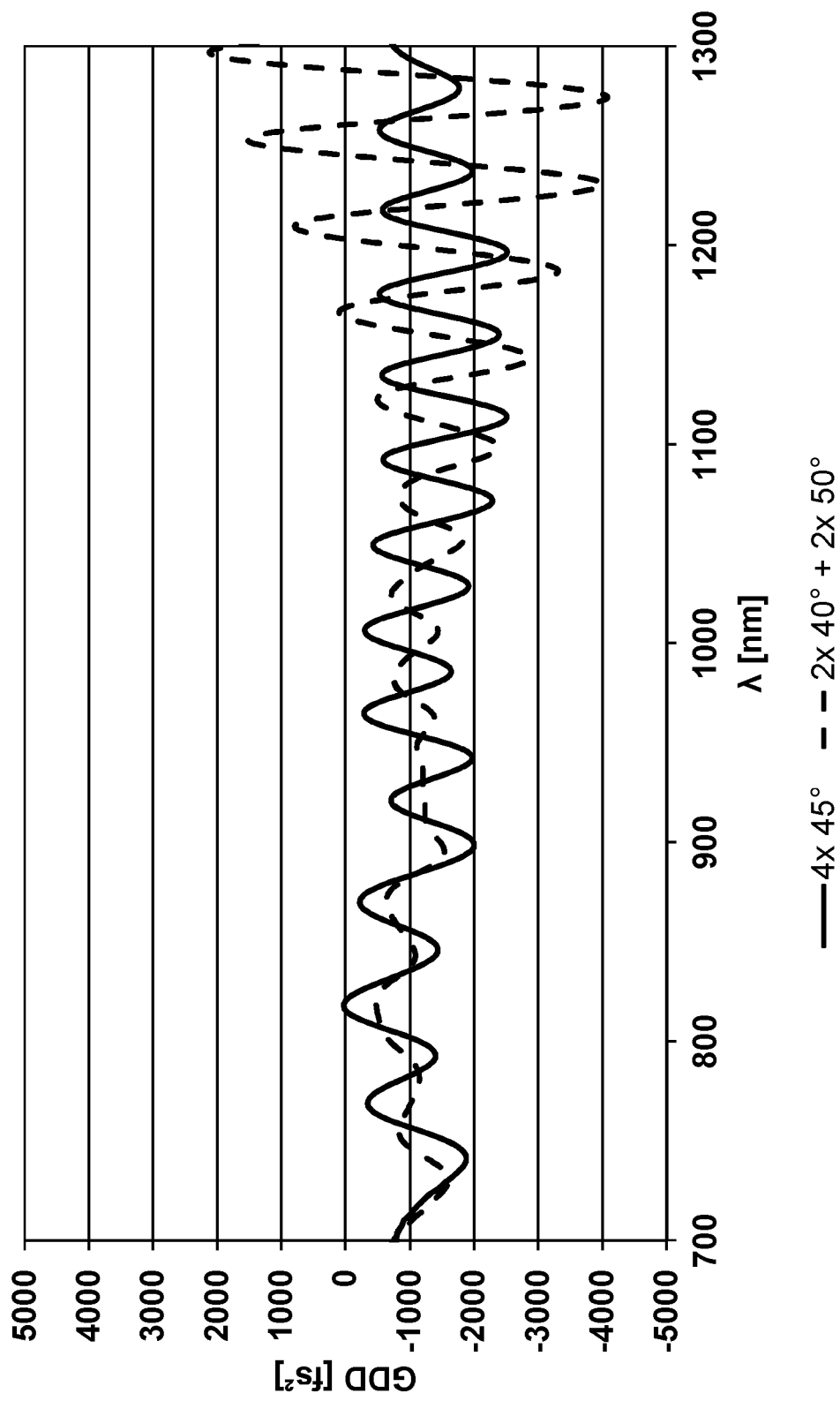


Fig. 5

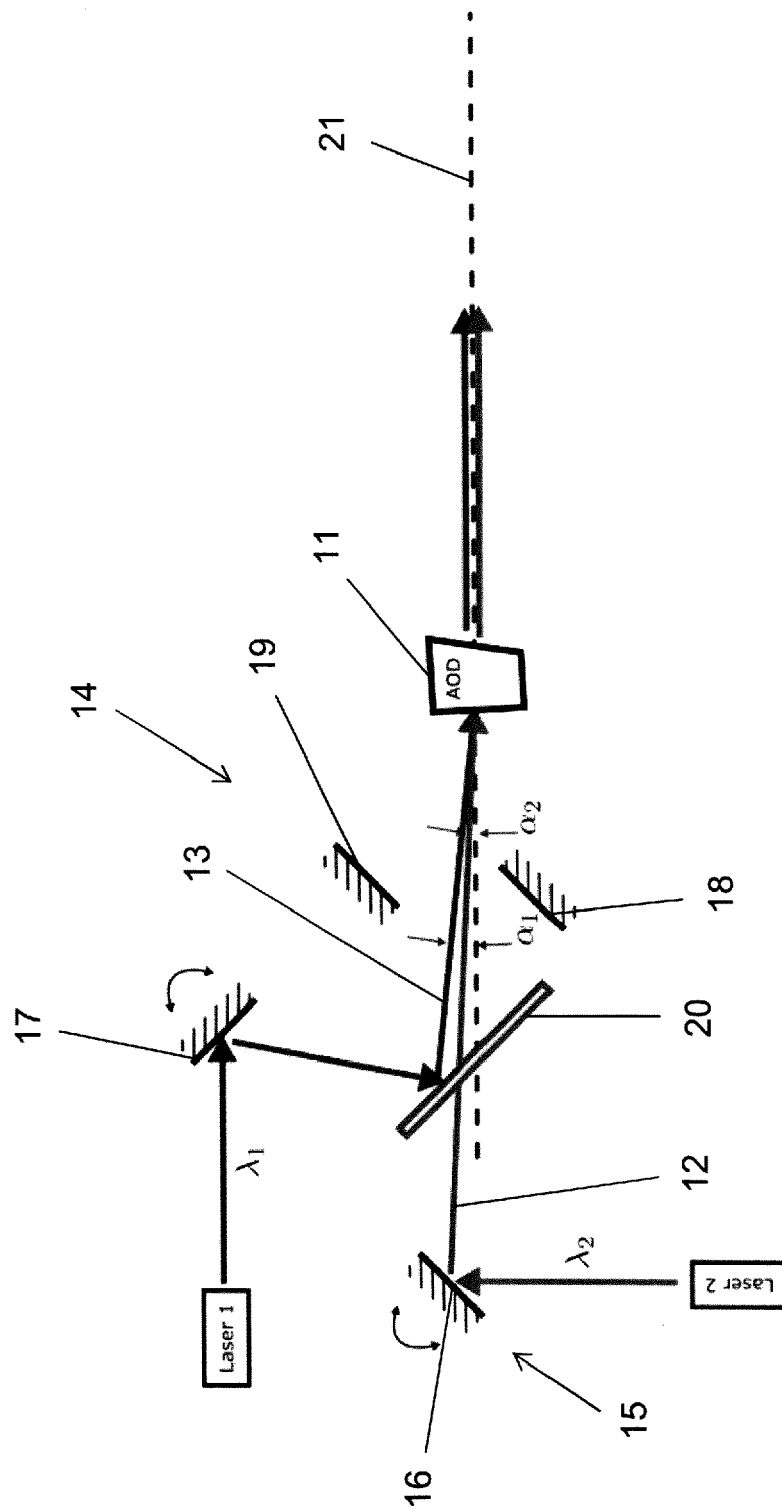


Fig. 6

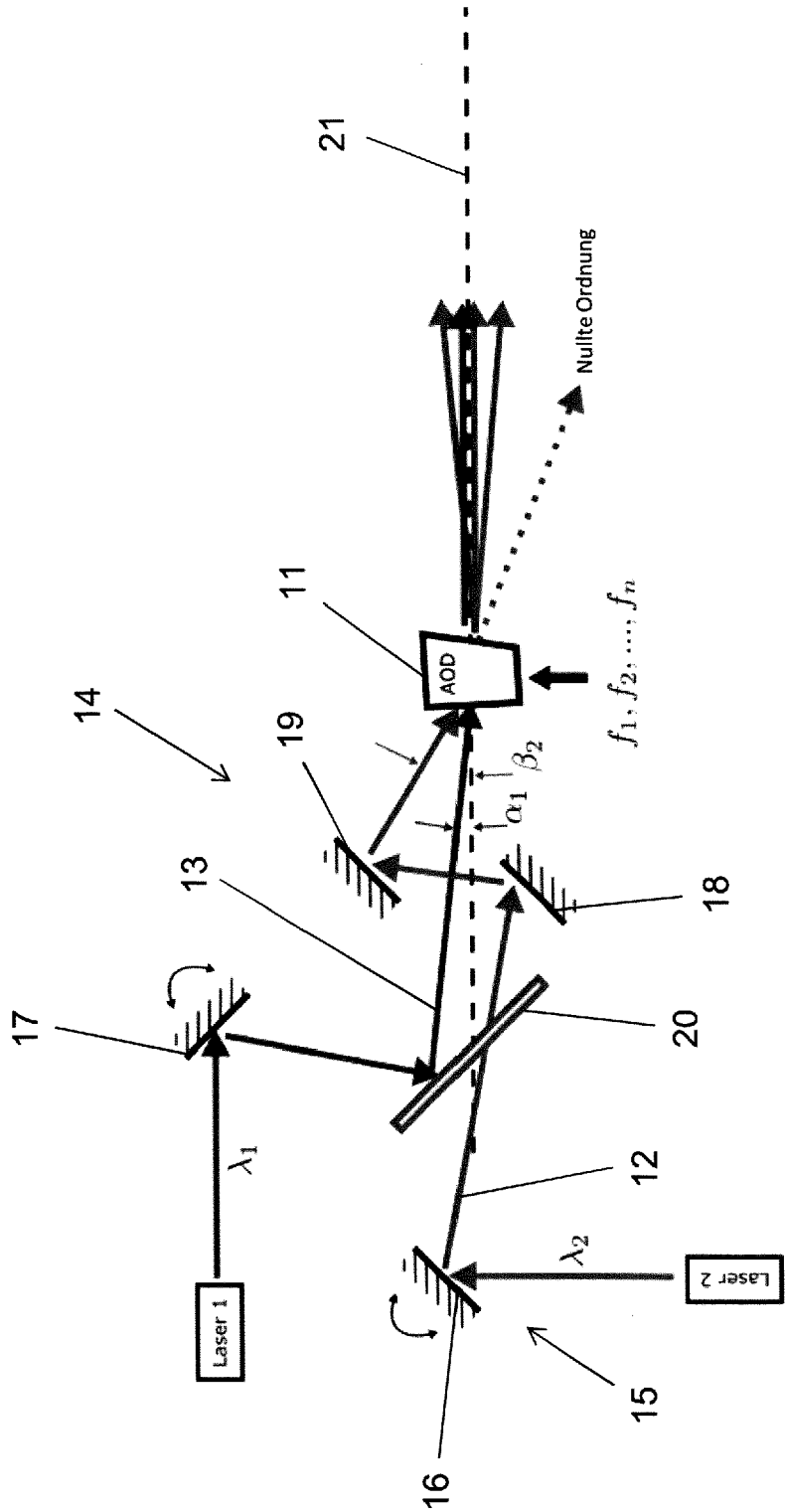


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 19 2160

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	WO 2016/155191 A1 (VERSITECH LTD [CN]) 6. Oktober 2016 (2016-10-06) * Zusammenfassung * * Seite 4, vierter Absatz; Seite 7, letzter Absatz; Seite 8, erster und zweiter Absatz; Seite 10, erster, zweiter und dritter Absatz; Seite 11, zweiter Absatz; Seite 13, letzter Absatz bis Seite 14, erster Absatz; Seite 14, letzter Absatz bis Seite 15, letzter Absatz; Seite 18, erster Absatz; Seite 19, letzter Absatz bis Seite 20, erster Absatz * * Abbildungen 1-13 *	1,4-10 2,3	INV. G02B7/182 G02B17/00 G02B21/00 H01S3/00 G02B27/00
X	US 2011/211600 A1 (DANTUS MARCOS [US] ET AL) 1. September 2011 (2011-09-01) * Zusammenfassung * * Paragraphen [0002], [0008], [0011], [0026], [0033]-[0042], [0046] * * Abbildungen 1-17 *	1,10	
X	WO 2014/139582 A1 (WAVELIGHT GMBH [DE]) 18. September 2014 (2014-09-18) * Zusammenfassung * * Seite 2, Zeile 16 bis Seite 3, Zeile 15; Seite 5, Zeile 10 bis Seite 7, Zeile 5; Seite 7, Zeile 23 bis Seite 8, Zeile 27; Seite 8, Zeile 29 bis Seite 10, Zeile 10 * * Abbildungen 1-3 *	1,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G02B H01S A61F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Februar 2019	Prüfer Kienle, Philipp
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 19 2160

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2006/079861 A1 (VIZI E SZILVESZTER [HU]; SZIPOECS ROBERT [HU]; ROZSA BALAZS [HU]; MAAK) 3. August 2006 (2006-08-03) * Seite 1, erster Absatz; Seite 10, letzter Absatz bis Seite 11, vorletzter Absatz; Seite 13, dritter Absatz bis Seite 14, zweiter Absatz; Seite 16, zweiter Absatz bis Seite 17, dritter Absatz * * Abbildungen 1-11 *	1,10	
A	HEPPNER J ET AL: "INTRACAVITY CHIRP COMPENSATION IN A COLLIDING PULSE MODE-LOCKED LASER USING THIN-FILM INTERFEROMETERS", APPLIED PHYSICS LETTERS, A I P PUBLISHING LLC, US, Bd. 47, Nr. 5, 1. September 1985 (1985-09-01), Seiten 453-455, XP000706646, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.96144 * Spalte 1, letzter Absatz bis Spalte 2, erster Absatz; Seite 453 - Seite 455 * * Abbildungen 1-4 *	2,3	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Februar 2019	Prüfer Kienle, Philipp
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 19 2160

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-02-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016155191 A1	06-10-2016	CN 107534261 A	02-01-2018
		US 2016294146 A1	06-10-2016
		WO 2016155191 A1	06-10-2016
US 2011211600 A1	01-09-2011	DE 102011012768 A1	29-12-2011
		FR 2956929 A1	02-09-2011
		US 2011211600 A1	01-09-2011
WO 2014139582 A1	18-09-2014	AU 2013382344 A1	24-09-2015
		BR 112015020029 A2	18-07-2017
		CA 2899262 A1	18-09-2014
		CN 105143959 A	09-12-2015
		DK 2812747 T3	12-02-2018
		EP 2812747 A1	17-12-2014
		ES 2653961 T3	09-02-2018
		JP 6074069 B2	01-02-2017
		JP 2016511044 A	14-04-2016
		KR 20150109431 A	01-10-2015
		MX 344072 B	02-12-2016
		PL 2812747 T3	30-03-2018
		PT 2812747 T	08-01-2018
		RU 2015144042 A	27-04-2017
		US 2015062680 A1	05-03-2015
		WO 2014139582 A1	18-09-2014
WO 2006079861 A1	03-08-2006	AT 418085 T	15-01-2009
		EP 1851580 A1	07-11-2007
		HU 227859 B1	02-05-2012
		US 2008308730 A1	18-12-2008
		WO 2006079861 A1	03-08-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82